

## СПОСОБ ПРОГНОЗА ВЫБРОСООПАСНОСТИ ПЕСЧАНИКОВ

*К.т.н., доц., В.Ф. Формос, студ. А.Д. Челпанов, ДонНТУ, г. Донецк.*

При проектировании шахт, а также при их строительстве и эксплуатации для обеспечения безопасных условий труда и повышения технико-экономических показателей необходимо располагать сведениями о выбросоопасности песчаников, залегающих в пределах шахтного поля.

Известен способ прогноза выбросоопасности песчаников [1], заключающийся в бурении по песчанику керновой скважины диаметром 59-76 мм, извлечении из скважин керна, анализа кернового материала. Признаком выбросоопасности является разделения керна на диски выпукло-вогнутой формы толщиной значительно меньше диаметра и наличие на кернах характерных трещин, как бы опоясывающих породные цилиндры.

Недостатком известного способа является малая надежность на стадии геолого-разведочных работ с поверхности, так как при бурении вертикальных разведочных скважин в выбросоопасной зоне керн может не делиться на диски за счет гидростатического давления столба промывочной жидкости. Неверное заключение о выбросоопасности песчаника может привести к тому, что в проект производства работ по выбросоопасным песчаникам будет заложена невыбросоопасная технология проведения выработок со всеми вытекающими последствиями.

Малая надежность данного способа и при бурении разведочных горизонтальных кернах скважин при проведении выработок. Так, например, в период строительства ГП шахты «Комсомолец Донбасса» около 50 процентов заключений о выбросоопасности песчаника, выданных МакНИИ, на основании указанного способа прогноза, оказались неправильными.

Наиболее близкими по технической сущности и достигаемому результату является способ прогноза выбросоопасности песчаников по комплексному показателю “В” [1,2], заключающийся в бурении по песчанику керновой скважины, извлечении из скважины керна, визуальном осмотре кернового материала и описании его текстурно-структурных особенностей, отборе проб песчаника и определении по отобранным пробам временного сопротивления растяжению, пористости, изготовлении шлифов и проведении петрографических исследований: определении содержания цемента. Кварца обломочного и кварца регенерированного, размеров зерен порообразующих минералов, протяженности контактов зерен, сопоставлении величины показателей, характеризующих свойства песчаников в выбросоопасном и невыбросоопасном слое. Затем по таблице, в которой диапазоны колебаний значений каждого показателя разбит на ранги и каждому рангу присвоены числовые значения, определяют показатель “В”, как среднее арифметическое рангов выбросоопасности и при величине “В” равной или больше 0,4 песчаник относят к выбросоопасным.

Основным недостатком способа является большая трудоемкость, так как при получении заключения о степени выбросоопасности песчаника необходимо произвести около тысячи определений.

К недостаткам относится и ненадежность, так как выданные на основании этого способа заключения о выбросоопасности песчаников по шахте «Покровское» не подтвердилось в процессе проведения выработок по песчаникам.

Задачей способа является повышения надежности способа и снижения трудозатрат на его выполнения.

Поставленная задача достигается тем, что в известном способе прогноза выбросоопасности песчаников определяют глубину его залегания и если песчаник залегает выше минимальной глубины выбросоопасности пород, то он относится к

невыбросоопасным, при залегании ниже минимальной глубины выбросов о выбросоопасности судят сравнивая модуль упругости с его критическим значением и если модуль упругости равен его критическому значению или менее песчаник относится к невыбросоопасному, если модуль упругости больше критического значения выбросоопасность уточняется по комплексному критерию  $\Pi(1-k)-B$  и если значение комплексного критерия меньше нуля - песчаник выбросоопасен, если нуль и более - невыбросоопасен.

Новым является установление минимальной глубины выбросоопасности песчаников в зависимости от выхода летучих веществ или марки углей, залегающих в зоне расположения песчаников и обоснование невыбросоопасности песчаников, залегающих на глубинах меньше их минимальной глубины выбросов.

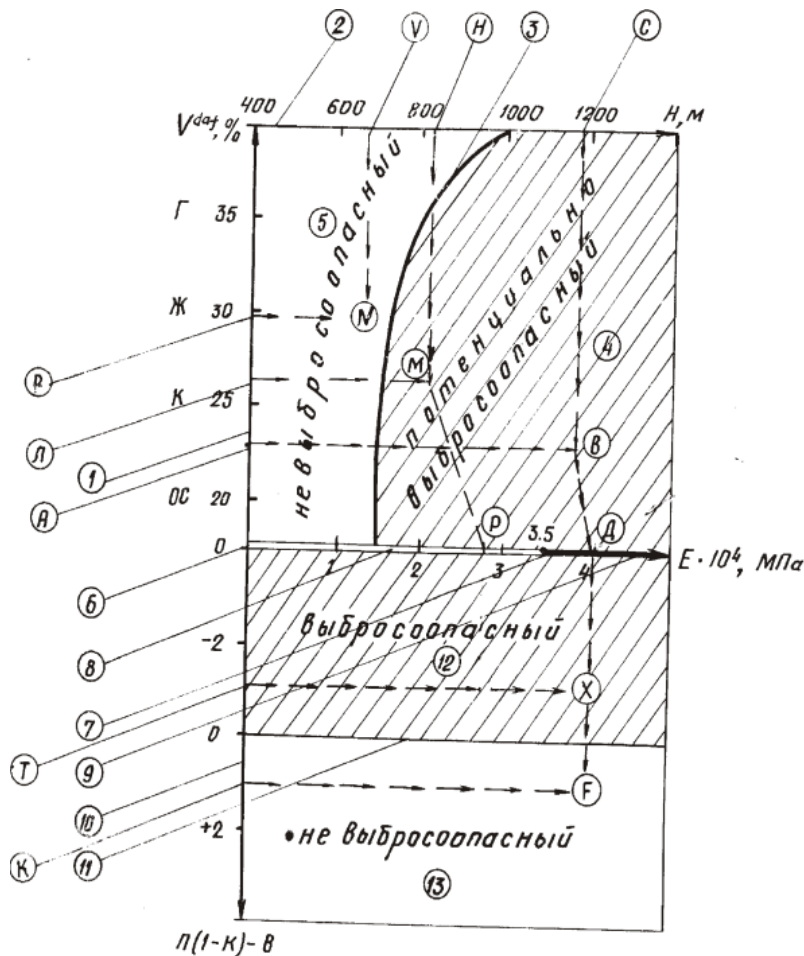


Рис.1. - Способ прогноза выбросоопасности песчаника

невыбросоопасен.

Сущность способа поясняется номограммой, приведенной на рис.1, линия 1 (ось ординат) характеризует выход летучих веществ, т.е. степень метаморфизма или марки углей, залегающих в зоне расположения песчаников: линия 2 (ось абсцисс) – это глубина залегания песчаников.

Кривая 3, полученная по результатам фактических данных, представляет графическую зависимость минимальной глубины выбросоопасности  $H_{min}$  песчаников от выхода летучих веществ или марок углей, залегающих в зоне расположения песчаников. Линия 3 - минимальная глубина выбросоопасности песчаников  $H_{min}$  отражает минимальную величину горного давления и газоносности, являющихся двумя из трех основных факторов (горное давление, физико-механические свойства и газоносность), определяющих выбросоопасность песчаника. При значениях горного давления и газоносности меньших, чем на минимальной

Новым является определение для оценки выбросоопасности критического значения модуля упругости песчаников и обоснование, что если модуль упругости песчаников равен критическому значению и менее – песчаник относят к невыбросоопасным, если модуль упругости больше критического значения выбросоопасность уточняется по предлагаемому комплексному критерию.

Новым является разработка критерия  $\Pi(1-k)-B$ , включающего основные параметры, определяющие выбросоопасность песчаника и обоснование того, что если значение предложенного критерия меньше нуля при выбросоопасных значениях модуля упругости- песчаник выбросоопасен, если критерий равен нулю и больше при выбросоопасных значениях модуля упругости -песчаник

глубине выбросов, произойти выброс не может. Кривая 3 разграничивает по глубине в районах различной степени метаморфизма углей зону 4, расположенную ниже минимальной глубины выбросоопасности ( $H_{\min}$ ), где достаточно условий по фактору давления и газоносности для проявления выбросов песчаников и зону 5, залегающую выше минимальной глубины выбросов, напряженное состояние и газоносность породы в которой не позволяют проявиться выбросам песчаников.

Линия 6 на диаграмме - это ось значений модуля упругости  $E$  песчаников, которая разделяется критической точкой 7, на два участка: участок невыбросоопасных значений модуля упругости 8, характеризующийся величиной модуля упругости не превышающей  $3,5 \cdot 10^4$  МПа и выбросоопасный участок 9, имеющий значение модуля упругости  $3,5 \cdot 10^4$  МПа и более, требующий дальнейшего уточнения степени выбросоопасности по комплексному критерию. Критическая величина модуля упругости  $3,5 \cdot 10^4$  МПа получена на основании регрессионного анализа исследований более 200 проб выбросоопасных и невыбросоопасных песчаников, характеризует необходимое количество накопленной потенциальной энергии упругого деформирования пород.

Проведенные нами исследования показали, что при значениях модуля упругости песчаника равного  $3,5 \cdot 10^4$  МПа и менее потенциальной энергии, накопленной песчаником, недостаточно для развития выброса.

Линия 10 – нижняя ось ординат номограммы на которой отложены значения комплексного критерия  $\Pi (1-k) - B$ , составными элементами являются:

$\Pi$  – пористость песчаника в %;

$k$  – коэффициент, учитывающий заполнение пор газом, в долях единицы;

$B$  - максимальная сорбционная влажность песчаника, %  $B=2,5\%$

$1-k$  - это свободный от газа объем пор в долях единицы, который может быть заполнен влагой;

$\Pi (1-k)$  – это оставшийся объем пор не заполненный газом в % и если он меньше, объем сорбционного насыщения песчаника влагой, то такие песчаники могут быть выбросоопасны.

Установлено, что пористость выбросоопасного песчаника в 1,5-2 раза больше пористости невыбросоопасного. Но пористость не может однозначно характеризовать выбросоопасность песчаника. Если породы песчаника заполнены газом, то какой песчаник потенциально выбросоопасен.

Если поры песчаника заполнены влагой, то это приводит к повышению пластичности, снижению склонности к накоплению потенциальной энергии упругого деформирования и к снижению склонности к хрупкому разрушению, а также к уменьшению его газоносности и, как следствие, к снижению вероятности выбросов.

Уменьшение газоносности песчаника, т.е. при отсутствии одного из трех факторов (давление, влажность и газоносность), в данном случае газоносности, делает такой песчаник невыбросоопасным.

Предлагаемый критерий выбросоопасности песчаников  $\Pi (1-k)-B$  включает не только основные физические параметры (пористость и сорбированную влажность), но и учитывает соотношение между степенью заполнения пор газом и влагой, что достоверно отражает выбросоопасность песчаников.

Линия 11 разграничивает песчаники по предлагаемому критерию на две зоны: выбросоопасную 12, если значения комплексного критерия  $\Pi (1-k)-B$  меньше нуля и невыбросоопасную 13, если комплексный критерий равен или больше нуля.

Установлено, что песчаники могут быть выбросоопасны при значении сорбированной влаги 2,5% и менее, при значениях сорбированной влаги более 2,5% - песчаники невыбросоопасны независимо от других показателей, например значение модуля упругости более  $3,5 \cdot 10^4$  МПа или наличие интенсивного деления зерна на диски выпукло-вогнутой формы.

Достоверность этого положения подтверждается практикой ведения горных работ при эксплуатации шахты «Покровское», когда на участках протяженностью 1500 м при влажности

пород более 2,5% происходило разделение керна на диски и не произошло ни одного выброса породы и газа.

Однако прогнозировать выбросоопасность песчаников на стадии ведения разведочных работ с поверхности земли по одному показателю “ влажность пород ” сложно, так как в процессе выбуривания керна образец породы находится длительное время под постоянным давлением промывочной жидкости, что несомненно сказывается на его искусственном дополнительном влагонасыщении, в отличие от природной сорбированной влажности.

Пример оценки выбросоопасности песчаников (пользования номограммой).

#### Пример1.

На стадии доразведки шахтного поля шахты им. А.Ал.Скочинского необходимо прогнозировать выбросоопасность песчаника, образец которого извлечен с глубины 1180м.

Определение выбросоопасности производится в следующей последовательности. Устанавливаем, что ближайшим угольным пластом, залегающим в зоне расположения исследуемого песчаника, является пласт  $h_6^1$  - Смоляниновский, имеющий выход летучих веществ  $V^{daf} = 22,8\%$ .

На оси 1 диаграммы (рис.1) определяем точку А, соответствующую  $V^{daf} = 22,8\%$  и проводим горизонтальную линию до пересечения ее в точке В с вертикальной линией, исходящей из точки С, соответствующей глубине 1180м. Полученная точка В расположена в зоне 4 ниже линии 3 минимальной глубины выбросоопасности, что свидетельствует о потенциальной выбросоопасности исследуемого песчаника.

Далее по образцу (керну) исследуемого песчаника существующим способом определяем модуль упругости, который в данном случае равен  $4,0 \cdot 10^4$  МПа.

На линии 6 оси значений модулей упругости песчаников определяем точку Д, соответствующую значению  $E=4,0 \cdot 10^4$  МПа и соединяем точку В с Д. Точка Д расположилась на участке 9 модулей упругости Е и находится за пределами критической точки 7. Так как, полученный модуль упругости Е больше критического значения равного  $3,5 \cdot 10^4$  МПа, выбросоопасность исследуемого песчаника уточняется по комплексному критерию:

$$П (1-к)-В \tag{1}$$

где П - пористость исследуемого песчаника. Определение существующим способом и равна 3%, т.е.  $П=3$ ;

к - коэффициент, учитывающий, заполнение пор газом в долях единицы. Определяется дегазацией образца песчаника в лабораторных условиях по существующей методике. В данном случае  $К=0,5$ .

В - максимальная сорбционная влажность, %. Для песчаников Донбасса  $В=2,5\%$ .

Подставляя цифровые значения в критерий выбросоопасности, получим  $П (1-к) - В = 3(1-0,5) - 2,5 = - 1$ .

Далее на шкале 10 значений критерия выбросоопасности определяем точку Т, соответствующую значению критерия выбросоопасности  $П (1-к) - В$ , равного - 1.

Из точки Т проводим горизонтальную линию параллельную оси абсцис до пересечения с вертикальной линией исходящей из точки Д. Пересечение этих линий дают точку Х, которая расположена в выбросоопасной зоне 12 по критерию выбросоопасности (1). Следовательно, исследуемый песчаник является выбросоопасным, так как все исследуемые параметры: глубина залегания Н, модуль упругости Е и комплексный критерий (1) свидетельствует о выбросоопасности исследуемого песчаника.

Если пористость исследуемого песчаника была бы 4,0%, т.е.  $П = 4,0$ , коэффициент, учитывающий заполнение пор газом  $К=0,1$ , а максимальная сорбционная влажность  $В=2,5\%$ , то числовое значение критерия выбросоопасности получим равным  $П (1-к) - В=К (1-0,1) - 2,5= +1,1$ . Далее по шкале 10 значений критерия выбросоопасности определяем точку К, соответствующую критерия + 1,1. Из точки К проведем горизонтальную линию параллельно оси абсцис 6 до пересечения с вертикальной линией из точки Д, соответствующей модулю упругости  $E = 4,0 \cdot 10^4$  МПа. Пересечение этих линий образуют точку F, которая

расположена в невыбросоопасной зоне 13 по критерию выбросоопасности (1). Следовательно, песчаник с представленными параметрами является невыбросоопасным.

**Пример 2.**

Для подготовки западной панели шахты им. А.А. Скочинского на глубине 830 м проводят 2-й зап. полевой штрек по песчанику, выбросоопасность которого необходимо определить.

Устанавливаем, что ближайшим угольным пластом, залегающим в зоне расположения исследуемого песчаника, является пласт  $h_6^1$ , имеющий выход летучих веществ  $V^{daf} = 26,7\%$ .

На оси 1 диаграммы определяем точку Л, соответствующую  $V^{daf} = 26,7\%$  и проводим горизонтальную линию до пересечения в точке М с вертикальной линией, исходящей из точки Н, соответствующей глубине 830 м. Полученная точка расположена в зоне 4 ниже линии 3 минимальной глубины выбросоопасности, что свидетельствует о потенциальной выбросоопасности исследуемого песчаника.

Далее по образцу песчаника, полученного при разведочном керновом бурении из забоя 2 зап. полевого штрека, существующим способом определяем модуль упругости, который равен  $E = 2,8 \cdot 10^4$  МПа.

На линии 6 оси значений модулей упругости песчаников определяем точку Р, соответствующую значению  $E = 2,8 \cdot 10^4$  МПа и соединяем точку М с Р.

Полученное значение модуля упругости меньше критического значения, равного  $3,5 \cdot 10^4$  МПа, и точка Р расположена на невыбросоопасном участке 8 шкалы 6 модулей упругости Е.

Так как полученный модуль упругости меньше критического значения, то исследуемый песчаник относят к невыбросоопасным.

**Пример 3.**

При проведении полевого штрека в условиях шахты “Свято-Серафимовская” (глубина 670 м, выход летучих веществ ближайшего угольного пласта  $V^{daf} = 29\%$ ) необходимо определить выбросоопасность песчаника.

На оси 1 диаграммы определяем точку Р соответствующую выходу летучих веществ  $V^{daf} = 29\%$  и проводим горизонтальную линию до пересечения с вертикальной линией, исходящей из точки Н, соответствующей глубине залегания исследуемого песчаника и равной 670 м. Полученная точка Н расположена в зоне 5, залегающей выше минимальной глубины выбросоопасности песчаников (линии 3). Напряженное состояние и газоносность пород в этой зоне не позволяют проявиться выбросам песчаника и газа. Следовательно, исследуемый песчаник является невыбросоопасным и дальнейшее определение модуля упругости и комплексного критерия выбросоопасности – не целесообразно.

### **Библиографический список**

1. Инструкция по безопасному ведению работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа.- М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1989.-191с.

2. Зборщик М.П., Осокин В.В., Соколов Н.М. Предотвращение газодинамических явлений в угольных шахтах.